

**LAPORAN TAHUNAN
PENELITIAN FUNDAMENTAL**



**PENGEMBANGAN BAHAN MULTI LAMINAT
BAJA KARBON RENDAH-TEMBAGA
MELALUI PROSES PENGECORAN**

Tahun ke 1 dari rencana 2 tahun

**Arianto Leman S., MT./ NIDN: 0005126804
Tiwan, M.T./ NIDN: 0024026803**

**UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
OKTOBER 2015**

HALAMAN PENGESAHAN

Judul	: Pengembangan Bahan Mutli Laminat Baja Karbon Rendah-Tembaga Melalui Proses Pengecoran
Peneliti/Pelaksana	
Nama Lengkap	: ARIANTO LEMAN SOEMAWIDAGDO
Perguruan Tinggi	: Universitas Negeri Yogyakarta
NIDN	: 0005126804
Jabatan Fungsional	: Lektor Kepala
Program Studi	: Pendidikan Teknik Mesin
Nomor HP	: 08179410006
Alamat surel (e-mail)	: arile_man@yahoo.com
Anggota (1)	
Nama Lengkap	: TIWAN
NIDN	: 0024026803
Perguruan Tinggi	: Universitas Negeri Yogyakarta
Institusi Mitra (jika ada)	
Nama Institusi Mitra	: -
Alamat	: -
Penanggung Jawab	: -
Tahun Pelaksanaan	: Tahun ke 1 dari rencana 2 tahun
Biaya Tahun Berjalan	: Rp 50.000.000,00
Biaya Keseluruhan	: Rp 103.400.000,00

Mengetahui,
Dekan FT UNY



(Dr. Moch. Bruri Triyono)
NIP/NIK 195602161986031003

Yogyakarta, 28 - 10 - 2015
Ketua,

(ARIANTO LEMAN SOEMAWIDAGDO)
NIP/NIK 196812051997021001

Menyetujui,
Ketua LPPM UNY



(Prof. Dr. Anik Gufron)
NIP/NIK 196211111988031001

PENGEMBANGAN BAHAN MULTI LAMINAT BAJA KARBON RENDAH-TEMBAGA MELALUI PROSES PENGECORAN

Arianto Leman S.¹⁾
Tiwan¹⁾

RINGKASAN

Pengembangan bahan multi laminat baja karbon rendah-tembaga ini ditujukan untuk mengembangkan desain bahan baru untuk memenuhi kebutuhan akan sifat-sifat khusus. Bahan *sandwich* adalah bahan komposit yang didesain secara berlapis antara dua bahan atau lebih untuk memperbaiki karakteristik. Bahan multi laminat baja karbon rendah-tembaga akan dikembangkan melalui pencairan tembaga.

Baja karbon rendah tebal 4 mm disusun berlapis-lapis dengan celah 4 mm diantaranya sehingga tebal keseluruhan 20 mm. Metode pembuatan multi laminat adalah: (1) Susunan baja dipanaskan sampai suhu austenit kemudian tembaga cair bersuhu 1200 °C dituangkan diantara celah-celah susunan baja. Kotak pemanas dengan tiga ruang, yakni: ruang pemanasan mula, penuangan dan pendinginan yang dipisahkan oleh pintu penyekat dibuat untuk menerapkan metode ini; (2) Susunan baja dicelupkan ke dalam tembaga cair bersuhu 1200 °C. Pencelupan dilakukan selama beberapa saat sehingga celah-celahnya terisi tembaga cair. Kuningan ditambahkan sejumlah 5% berat ke tembaga untuk memperbaiki mampu alir tembaga. Difusi antara baja dan tembaga diamati secara makro dan mikro. Pengamatan mikro dilakukan dengan mikroskop Olympus. Uji geser dengan alat bantu digunakan untuk mengetahui kekuatan geser sambungan baja-tembaga.

Multi laminat baja-tembaga telah berhasil dibuat dengan metode pencelupan. Pengamatan struktur mikro menunjukkan bahwa terjadi difusi pada lapis antara baja dan tembaga. Namun, penyelidikan lebih lanjut diperlukan untuk mengungkap mekanisme difusi yang terbentuk. Kekuatan geser maksimum pada lapis batas antara baja-tembaga adalah 231,88 N/mm². Bagaimanapun, rongga-rongga akibat udara yang terjebak masih muncul dan mengurangi kualitas multi laminat. Pengaruh kekasaran permukaan baja, lama pencelupan dan penambahan kuningan perlu ditelaah lebih lanjut karena pada multi laminat yang telah berhasil dibuat masih ditemukan udara yang terjebak di dalam celah susunan baja.

Kata kunci : Multi laminat, Baja karbon rendah, Tembaga.

¹ Staf Pengajar Jurusan Pendidikan Teknik Mesin FT UNY

DEVELOPMENT of LOW CARBON STEEL-COPPER MULTI LAMINAT MATERIAL BY CASTING

Arianto Leman S.¹⁾
Tiwan¹⁾

SUMMARY

Development of multi laminate material of a low carbon steel-copper was aimed at developing the new design of materials to meet the needs of special properties. Sandwich material was a composite material designed layered between two or more substances to improve characteristics. Multi laminate material of a low carbon steel-copper will be developed by melting copper methods.

The low carbon steel of 4 mm thick were arranged in layer with a gap of 4 mm so that the overall thickness is 20 mm. The method of making the multi laminate were: (1) The arrangement of steel is heated to austenite temperature and then the molten copper of 1200 °C is poured into the gaps in the arrangement of steels. A heating box with three chambers, that is: initial heating, pouring and cooling chambers that separated by insulated doors is made to apply this method; (2) The arrangement of steels is dipped into a molten copper of 1200 °C. It is dipped for several minutes until the molten copper fill the gaps. Brass of 5% weight added into copper to improve the copper flowable. Diffusion between steel and copper observed macroscopic and microscopically. Microscopic observations conducted using Olympus microscope. The shear test using assist tool is used to determine the steel-copper laminates shear strength.

Steel-copper multi laminates were successfully made by dipping method. Microstructure observation showed that diffusion exist in the layer between the steel and copper thus laminate material obtained. However, further investigation is needed to explain the diffusion mechanism. The maximum shear strength at the boundary layer between the steel-copper was 231.88 N / mm². However, cavities due to the trapped air were still emerging and reduce the multi laminate quality. Influence of steel surface roughness, dipping time and brass additions need to be studied further because in the steel-copper multi laminate that have been made still found trapped air in the gap of steel arrangement.

Keywords: Multi laminate, Low carbon steel, Copper.

¹ Lecturer at Mechanical Engineering Education Department UNY

PRAKATA

Syukur Alhamdulillah kami panjatkan ke hadirat Allah SWT, yang karena rahmat dan hidayah-Nya, Laporan Kemajuan Penelitian Fundamental ini terselesaikan.

Penelitian berjudul: “**Pengembangan Bahan Multi Laminat Baja Karbon Rendah-Tembaga melalui Proses Pengecoran**” ini bertujuan mengembangkan desain bahan baru yaitu laminat baja karbon rendah-tembaga melalui pengecoran. Namun pada dasarnya tujuan inti penelitian ini adalah **Mengembangkan Bahan Multi Laminat Baja Karbon Rendah dan Tembaga**. Difusi pada suhu austenit diharapkan terjadi pada permukaan baja karbon rendah dan tembaga. Kombinasi sifat baja yang kuat dan tembaga yang ulet akan memberikan sifat unik jika di susun secara berlapis. Pengembangan ini perlu dilakukan dalam usaha menciptakan material baru dengan karakteristik khusus. Sebuah kotak pemanas khusus dikembangkan pada tahun pertama untuk menunjang salah satu metode yang diterapkan, yakni pengecoran.

Pengembangan dan perbaikan untuk sempurnanya hasil penelitian perlu dilakukan secara terus menerus dan berkelanjutan. Oleh sebab itu masukan dari para pembaca akan sangat berharga demi penyempurnaan penelitian ini. Produk yang diharapkan dari penelitian tahun pertama ini adalah metode untuk membuat bahan laminat baa karbon rendah-tembaga. Penelitian dapat berjalan baik atas bantuan dan dorongan dari berbagai pihak, untuk itu diucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah terlibat baik secara langsung maupun tidak Semoga laporan tahun pertama ini bermanfaat dan memberi kontribusi pada pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi pada umumnya dan pembaca pada khususnya.

Yogyakarta, 29 oktober 2015

Tim Peneliti

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN	i
RNGKASAN DAN SUMMARY	ii
PRAKATA	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR LAMPIRAN	vii
BAB I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Rumusan Masalah Penelitian	2
C. Rumusan Masalah Penelitian Tahun Pertama	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	4
A. <i>State the art</i> dalam bidang yang diteliti	4
B. <i>Sandwich</i> Material	5
C. Tembaga	5
BAB III. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	8
A. Tujuan Penelitian	8
B. Manfaat Penelitian	9
C. Keaslian Penelitian	9
BAB IV. METODE PENELITIAN	10
A. Alur Penelitian	10
B. Bahan Penelitian	10
C. Struktur Mikro Laminat Baja-Tembaga	13
D. Pengujian	13
BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN	15
A. Pembuatan Kotak Pemanas	15
B. Pembuatan Laminat Baja-Tembaga	17
C. Struktur Mikro Laminat Baja-Tembaga	20
D. Udara Terjebak	20
E. Kekuatan Geser	21
BAB VI. RENCANA TAHAPAN BERIKUTNYA	23
A. Latar Belakang	23
B. Batasan Masalah	23
C. Rumusan Masalah	23
D. Alur Penelitian Tahun Kedua	24
E. Pengujian	24
F. Rencana Jadwal Penelitian Tahun Kedua	25
BAB VII. KESIMPULAN DAN SARAN	26
A. Kesimpulan	26
B. Saran	26
DAFTAR PUSTAKA	27
LAMPIRAN	28

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Peta penelitian tentang pembuatan bahan <i>sandwich</i> dan laminat	4
Gambar 2. Bagan alur penelitian tahun pertama	10
Gambar 3. Susunan plat baja pada metode pertama	11
Gambar 4. Kotak pemanas	11
Gambar 5. Konstruksi pintu antar ruang	11
Gambar 6. Penampang melintang kotak pemanas	12
Gambar 7. Penampang melintang kotak pemanas	12
Gambar 8. Susunan plat baja pada metode kedua	12
Gambar 9. Saluran input panas kotak pemanas	15
Gambar 10. Saluran output panas kotak pemanas	15
Gambar 11. Tulangan <i>castable</i> pada pintu antar ruang	15
Gambar 12. Pencetakan <i>castable</i>	15
Gambar 13. Susunan isolator dari BTA	16
Gambar 14. Kotak pemanas	16
Gambar 15. <i>Casting chamber</i> untuk proses penuangan tembaga	16
Gambar 16. Kotak pemanas dan tungku krusibel	17
Gambar 17. Kowi	17
Gambar 18. Penuangan tembaga	17
Gambar 19. Baja-tembaga tidak menempel	18
Gambar 20. Oksidasi pada permukaan laminat baja-tembaga	18
Gambar 21. Susunan plat baja pada metode kedua	19
Gambar 22. Pencelupan baja	19
Gambar 23. Lamniat baja-tembaga	19
Gambar 24. Struktur mikro laminat baja-tembaga	19
Gambar 25. Difusi baja-tembaga	20
Gambar 26. Udara yang terjebak	20
Gambar 27. Alat bantu uji geser	21
Gambar 28. Patahan uji geser benda uji 1	21
Gambar 29. Patahan uji geser benda uji 2	21
Gambar 30. Bagan alur penelitian tahun kedua	24

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Bahan <i>sandwich</i> yang telah dikembangkan	4
Tabel 2. Hasil uji geser	21
Tabel 3. Rencana penelitian tahun kedua	25

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Personalia peneliti	29
Lampiran 2. Produk yang dihasilkan	30
Lampiran 3. Hasil uji geser	31
Lampiran 4. Komposisi kimia baja karbon rendah	32
Lampiran 5. Berita acara seminar awal	33
Lampiran 6. Berita acara seminar akhir	38

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Pengembangan desain bahan terus dilakukan untuk memenuhi kebutuhan akan sifat-sifat khusus. Pengembangan desain bahan ini tidak terbatas pada bahan logam atau polimer saja, tapi telah dikembangkan bahan-bahan kombinasi logam dengan polimer. Pengembangan desain bahan telah dilakukan melalui proses-proses: penempaan, pengerolan, *cladding*, deposisi lapisan tipis maupun lainnya. Proses-proses tersebut dipilih sesuai dengan tujuan pengembangan dan karakteristik bahan yang dikehendaki.

Bahan *sandwich* adalah bahan komposit yang didesain secara berlapis antara dua bahan atau lebih untuk tujuan-tujuan tertentu. Salah satu tujuan pembuatan bahan *sandwich* adalah memperbaiki karakteristik bahan seperti: kekuatan, ketangguhan, ketahanan aus, keuletan dan sebagainya tanpa mengorbankan bobot. Umumnya bahan *sandwich* yang telah dikembangkan terdiri atas tiga lapis bahan yaitu bahan dengan sifat keras dan kuat untuk lapisan luar serta bahan dengan sifat ringan namun tangguh di bagian inti.

Cahyono (2010) mengadopsi pembuatan keris untuk membuat bahan laminat baja-nikel dan menemukan bahwa kualitas semakin baik jika jumlah lapisan laminat semakin banyak. Bahan laminat semacam ini akan lebih baik dalam membagikan tegangan yang diterima. Namun, pemanasan saat penempaan menyebabkan oksidasi yang berakibat berkurangnya kadar karbon dan muncul terak.

Al-Qur'an juga menerangkan suatu metode pembuatan bahan laminat, yaitu dengan metode pengecoran (QS 18: 96). Al-Qur'an menjelaskan bahwa Zulkarnain memerintahkan untuk memanaskan tiang-tiang besi dengan meniupkan api. Kemudian setelah besi memerah, Zulkarnain memerintahkan untuk menuangkan tembaga pada tiang-tiang besi tersebut. Besi yang berubah menjadi merah mengindikasikan bahwa besi telah mencapai suhu austenit. Jika tembaga cair dituangkan pada besi yang berada pada suhu austenit, maka akan terjadi proses difusi antara besi dan tembaga.

Berdasar uraian diatas, penelitian ini akan menelaah pengembangan bahan laminat besi-tembaga. Inti metode pembuatan bahan laminat yang dikembangkan

adalah mencairkan logam, dalam hal ini adalah tembaga. Metode-metode yang dikembangkan pada penelitian ini diharapkan dapat mengurangi efek oksidasi yang dapat muncul di tiap lapisan laminat. Pengaruh suhu pemanasan dan tebal laminat terhadap karakteristik bahan merupakan gejala yang akan ditelaah. Kombinasi kekuatan, ketangguhan dan bobot dari kombinasi baja-tembaga bahan merupakan kelebihan yang diharapkan dari desain bahan ini.

Hasil akhir penelitian ini adalah bahan multi laminat baja karbon rendah-tembaga. Penelitian tahun pertama ditekankan pada pengembangan metode untuk membuat bahan laminat baja karbon rendah-tembaga. Kotak pemanas (*heating chamber*) sebagai alat bantu pemanas baja karbon rendah sebelum dituangkan tembaga cair juga dibuat pada tahun pertama ini. Keberhasilan metode yang dikembangkan ini menjadi dasar pengembangan bahan multi laminat yang akan dikembangkan pada tahun kedua.

B. Batasan Masalah Penelitian

Permasalahan penelitian tahun pertama dibatasi pada pengembangan metode pembuatan bahan multi laminat baja karbon rendah-tembaga. Metode pembuatan yang akan diterapkan pada pembuatan bahan laminat baja karbon rendah-tembaga adalah:

1. Mengecorkan tembaga cair pada baja karbon rendah yang dipanaskan. Metode ini membutuhkan sebuah kotak pemanas untuk memanaskan baja karbon rendah. Kotak didesain terdiri atas dari tiga ruangan, yaitu: ruang pemanas mula, ruang pemanas dan penuangan, serta ruang pendinginan. Masing-masing ruang dipisahkan oleh sekat atau pintu yang dapat dibuka tutup.
2. Mencelupkan susunan plat baja karbon rendah ke dalam tembaga yang dicairkan dan dipanaskan hingga suhu 1100-1200 °C. Susunan plat baja karbon rendah saat dicelupkan akan terpanaskan hingga suhu austenit dan tembaga cair akan mengisi celah-celah pada susunan plat baja karbon rendah.

Parameter suhu pemanasan, tebal plat baja maupun celah antar plat pada penelitian tahun pertama ini tidak ditelaah. Hal ini terkait dengan tujuan penelitian tahun pertama ini yang hanya mengembangkan metode pembuatan bahan multi laminat baja karbon rendah-tembaga. Keberhasilan metode pembuatan bahan laminat

baja-tembaga dengan bantuan kotak pemanas maupun pencelupan akan menjadi dasar pembuatan bahan laminat baja-tembaga pada penelitian tahun kedua.

C. Rumusan Masalah Penelitian Tahun Pertama

Berdasarkan identifikasi yang ditemukan pada pengembangan bahan multi laminat baja karbon rendah-tembaga, maka masalah yang dapat dirumuskan dalam penelitian tahun pertama ini ini adalah:

- a. Bagaimanakah metode yang sesuai untuk mengembangkan bahan multi laminat baja karbon rendah-tembaga?
- b. Bagaimanakah difusi dan kekuatan geser yang terjadi pada permukaan bahan laminat baja karbon rendah-tembaga?

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

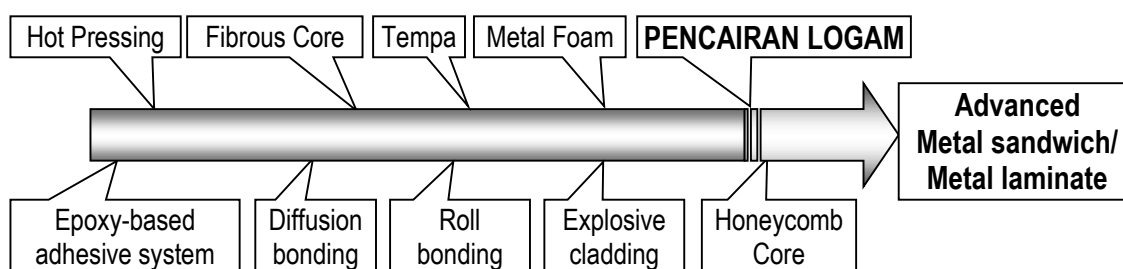
A. *State of The Art* Bidang Yang Diteliti

Bahan *sandwich* terdiri atas dua lembar logam pada permukaan dan logam di tengahnya. Bahan ini dikembangkan dengan tujuan antara lain: ketahanan pada suhu tinggi, ringan dengan kekuatan yang memadai, tangguh dan sebagainya. Selain logam, bagian tengah bahan *sandwich* dapat digunakan bahan polymer (Garnault, 2004) atau bahan kayu semisal kayu balsa (Tias, 2008). Bahan *sandwich* dapat pula berupa laminat beberapa bahan yang merupakan kombinasi dari bahan logam dengan logam (Cahyono, 2010) maupun logam dengan polymer (Nagai, 1986).

Tabel 1. menunjukkan beberapa bahan *sandwich* yang telah dikembangkan dan metode pembuatannya, sedang gambar 1. memperlihatkan peta pengembangan metode pembuatan bahan *sandwich* dan laminat.

Tabel 1. Bahan *sandwich* yang telah dikembangkan.

No	Bahan Sandwich	Metode Pembuatan	Referensi
1	<i>Metal-resin-metal sandwich laminates</i>	<i>Hot Pressing</i>	Nagai et al., 1986
2	<i>Sandwich material</i>	<i>Honeycomb core</i>	Pflug dan Vangrimde, 2003
3	<i>Sandwich material</i>	<i>Fibrous core</i>	Clyne dan Markaki, 2004
4	<i>Multi-layer metal sandwich materials</i>	<i>Epoxy-based adhesive system</i>	Garnault et al., 2004
5	<i>Metallic Sandwich Sheet</i>	<i>Diffusion bonding</i>	Bouaziz et al., 2006
6	<i>Method of making a composite metal sheet</i>	<i>Roll bonding</i>	Groll dan McMurray, 2008
7	Bahan <i>sandwich</i> baja CrNi-Ti	<i>Explosive cladding</i>	Ostroushko dan Mazancová, 2010
8	Aplikasi teknik pembuatan keris pada pembuatan komposit laminat Baja-Nikel	Tempa	Cahyono, 2010



Gambar 1. Peta penelitian tentang pembuatan bahan *sandwich* dan laminat

B. Sandwich Material

Bermacam-macam metode pembuatan bahan *sandwich* laminat telah dilakukan bahkan telah dipatenkan dan diproduksi secara masal. Beberapa metode tersebut adalah:

Cahyono (2010) telah mengaplikasikan metode pembuatan keris untuk mengembangkan bahan laminat. Proses pemanasan dan penempaan diterapkan untuk membuat bahan laminat baja 1020-nikel. Bahan laminat dibentuk dengan cara melipat susunan baja 1020-nikel dengan variasi 1, 3 dan 5 lipatan. Kemudian pada bagian tengah bahan laminat tersebut diselipkan baja 1045. Kekuatan tarik, keuletan, kekakuan dan kekerasan bahan laminat tersebut semakin naik dengan bertambahnya jumlah lipatan. Namun, pemanasan menimbulkan terak akibat oksidasi baja yang berakibat lepasnya karbon dari permukaan baja dan beberapa laminat tidak menyatu.

Bouaziz et al. (2006) mengembangkan *metal sandwich* dengan metode *diffusion bonding*. Metode pembuatan bahan sandwich ini adalah melapiskan logam lain pada sisi dalam logam permukaan. Logam yang dilapiskan ini memiliki suhu leleh yang lebih rendah daripada logam permukaan maupun logam inti. Saat pemanasan, lapisan logam ini akan meleleh dan terjadi ikatan antara logam permukaan dengan logam inti. Timah, seng, paduan seng, aluminium dan paduannya dapat digunakan sebagai logam pelapis pada metode ini. Baja karbon dan baja tahan karat dapat diaplikasikan untuk logam muka sedang logam inti digunakan logam dengan densitas yang lebih rendah daripada logam mukanya. Namun metode ini tidak dapat diterapkan untuk membuat bahan dengan jumlah laminat yang lebih banyak.

Groll dan McMurray (2008) mengembangkan pembuatan komposit lembaran logam (*metal sheet*) melalui metode *roll bonding*. Metode ini terdiri atas langkah-langkah sebagai berikut: (a) menyediakan bahan untuk di rol dengan urutan: lapisan *mesh* baja tahan karat, lapisan inti aluminium *aclad*, lapisan *foil* baja tahan karat, plat baja tahan karat, lapisan *foil* baja tahan karat, lapisan inti aluminium *aclad*, dan lapisan *mesh* baja tahan karat; (b) memanaskan susunan bahan-bahan pada langkah (a) ke suhu pengerolan dan (c) pengerolan untuk menghasilkan lembaran komposit.

C. Tembaga

Tembaga adalah suatu unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki lambang Cu, berasal dari bahasa latin *Cuprum* dan nomor atom 29. Bernomor massa 63,54. Tembaga merupakan unsur logam berwarna kemerahan. Tembaga merupakan

konduktor panas dan listrik yang baik. Tembaga, seperti aluminium, dapat didaur ulang 100% tanpa mengurangi kualitasnya. Tembaga adalah logam paling banyak ketiga yang didaur ulang, setelah besi dan aluminium. Diperkirakan bahwa 80% dari seluruh tembaga yang pernah ditambang masih digunakan saat ini.

Proses daur ulang tembaga pada umumnya sama dengan proses ekstraksi, namun prosesnya lebih sedikit. Tembaga bekas dengan kemurnian tinggi dilelehkan di furnace dan kemudian direduksi dan dibentuk kembali menjadi billet dan ingot. Sedangkan tembaga bekas dengan kemurnian lebih rendah diproses ulang dengan elektroplating di dalam asam sulfat. Karakteristik tembaga adalah:

1. Tembaga merupakan logam yang berwarna kuning seperti emas kuning dan keras bila tidak murni.
2. Mudah ditempa (liat) dan bersifat mulur sehingga mudah dibentuk menjadi pipa, lembaran tipis dan kawat.
3. Struktur kristal tembaga murni adalah *face centered cubic* (FCC)
4. Konduktor panas dan listrik yang baik, kedua setelah perak.
5. Titik leleh : 1083°C , titik didih : 2301°C
6. Berat jenis tembaga sekitar $8,92 \text{ gr/cm}^3$.
7. Tembaga merupakan unsur yang relatif tidak reaktif sehingga tahan terhadap korosi. Pada udara yang lembab permukaan tembaga ditutupi oleh suatu lapisan yang berwarna hijau yang menarik dari tembaga karbonat basa, $\text{Cu}(\text{OH})_2\text{CO}_3$.
8. Pada suhu sekitar 300°C tembaga dapat bereaksi dengan oksigen membentuk CuO yang berwarna hitam. Sedang pada suhu sekitar 1000°C , akan terbentuk tembaga (II) oksida (Cu_2O) yang berwarna merah.
9. Tembaga tidak diserang oleh air atau uap air dan asam-asam non oksidator encer seperti HCl encer dan H_2SO_4 encer. Tetapi asam klorida pekat dan mendidih menyerang logam tembaga dan membebaskan gas hidrogen.

Tembaga banyak sekali digunakan dalam kehidupan sehari-hari manusia baik dalam bidang teknik maupun kesehatan. Contoh pemakaian tembaga antara lain:

1. Sebagai bahan untuk kabel listrik dan kumparan dinamo. Banyak digunakan dalam pembuatan pelat, pipa, kawat, pematian, alat-alat dapur, dan industri.
2. Senyawa tembaga juga digunakan dalam kimia analitik dan penjernihan air, sebagai unsur dalam insektida, cat, obat-obatan dan pigmen.

3. Kegunaan biologis untuk runutan dalam organisme hidup dan merupakan unsur penting dalam darah binatang berkulit keras.
4. Paduan 70% tembaga - 30% seng disebut kuningan, sedang paduan 80% tembaga - 20% timah putih disebut perunggu. Perunggu yang mengandung sejumlah fosfor dipakai dalam industri arloji dan galvanometer. Kuningan memiliki warna seperti emas sehingga banyak dipakai sebagai perhiasan atau ornamen-ornamen. Sedang perunggu banyak dijadikan perhiasan dan digunakan pula pada seni patung.
5. Mata uang dan perkakas-perkakas yang terbuat dari emas dan perak selalu mengandung tembaga untuk menambah kekuatan dan kekerasannya.
6. Sebagai bahan penahan untuk bangunan dan beberapa bagian dari kapal.
7. Serbuk tembaga sebagai katalisator untuk mengoksidasi metanol menjadi metanal.

BAB III

TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

A. Tujuan Penelitian

Penelitian ini secara umum bertujuan mengembangkan desain bahan baru yaitu multi laminat baja karbon rendah-tembaga. Difusi baja karbon rendah dan tembaga terjadi antara tembaga cair dengan baja karbon rendah yang dipanaskan atau terpanaskan hingga suhu austenit. Kombinasi sifat baja yang kuat dan tembaga yang ulet akan memberikan sifat unik jika di susun secara berlapis.

Tujuan spesifik pada penelitian tahun pertama adalah mengembangkan metode pembuatan laminat baja karbon rendah-tembaga. Target tersebut akan dicapai melalui metode pembuatan dengan tahapan penelitian sebagai berikut:

- a. Metode pertama. Kotak pemanas dibuat dari rangka baja profil siku dan dinding dari plat baja berlapis isolator kombinasi selimut keramik dan BTA. Kotak pemanas terdiri atas tiga ruangan, yaitu: ruang pemanasan awal, ruang penuangan, dan ruang pendinginan. Pengerjaan kotak pemanas dilaksanakan oleh mahasiswa dalam mata kuliah karya teknologi. Susunan plat baja karbon rendah dipanaskan pada kotak pemanas dan kemudian dituangkan tembaga cair sehingga mengisi celah-celah pada susunan plat baja karbon rendah.
- b. Metode kedua. Plat baja karbon rendah dibuat menjadi susunan dengan celah-celah antar tiap plat konstan. Plat-plat baja karbon rendah disusun sedemikian rupa sehingga jika dicelupkan ke tembaga cair maka akan terisi satu celah dan bergerak ke celah berikutnya. Plat baja karbon rendah akan terpanaskan sampai suhu austenit saat dicelupkan ke tembaga cair.
- c. Difusi yang terjadi antara baja karbon rendah dan tembaga hasil pembuatan laminat baja karbon rendah-tembaga dengan metode-metode yang dikembangkan kemudian di amati dan diobservasi.

B. Manfaat Penelitian

Pengembangan bahan *sandwich* sebagian besar tidak didesain dalam bentuk laminat. Metode pembuatan bahan *sandwich* antara lain adalah: tempa, *roll bonding* dan *explosive cladding*. Sedang pembuatan dengan metode pencairan logam belum

ditelaah meskipun telah diterangkan di dalam Al-Qur'an. Penelitian ini akan mengembangkan metode pencairan logam untuk membuat laminat *metal sandwich*, khususnya bahan laminat baja-tembaga.

Keutamaan penelitian ini adalah inovasi pembuatan bahan laminat dengan metode yang belum pernah dilakukan yaitu pencairan logam. Modifikasi bahan berbentuk laminat diharapkan akan memberikan sifat-sifat baru yang merupakan kombinasi dari sifat baja dan tembaga. Pembuatan bahan laminat melalui pencairan logam diharapkan menjadi satu pemicu pengembangan desain bahan untuk memenuhi kebutuhan bahan dengan sifat-sifat khusus.

C. Keaslian Penelitian

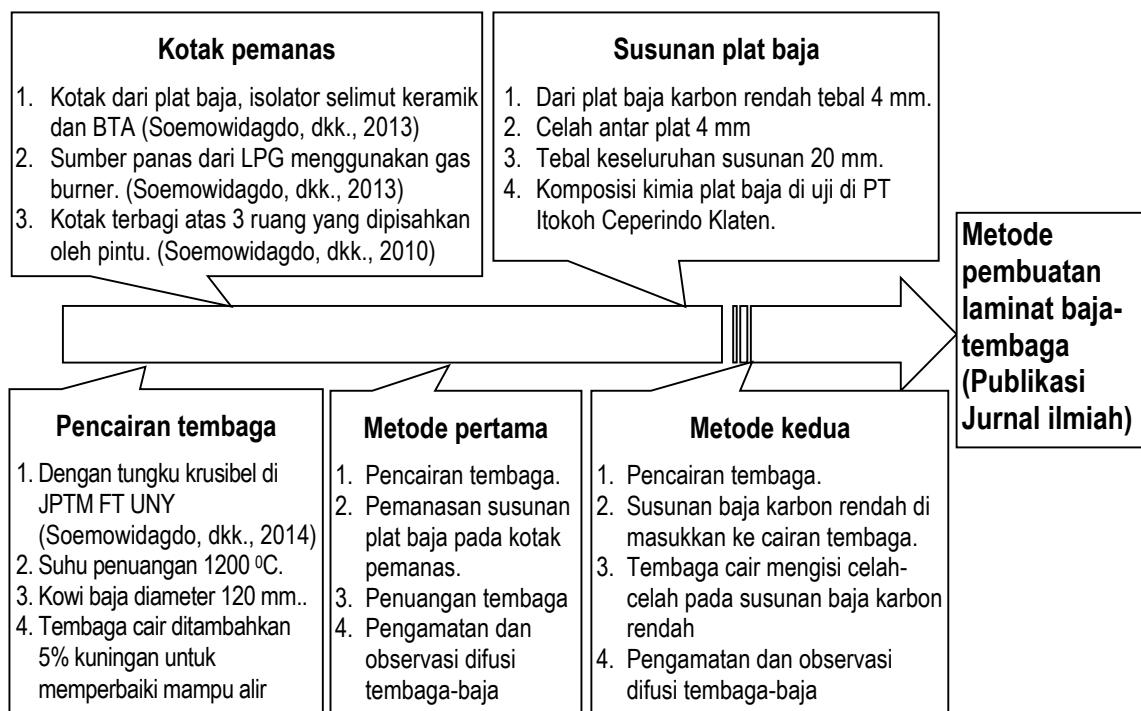
Keaslian penelitian ini adalah inovasi pembuatan bahan laminat baja karbon rendah-tembaga melalui proses pencairan tembaga. Metode yang dikembangkan didesain sedemikian rupa sehingga proses pemanasan dan penuangan dapat dilakukan secara kontinyu meskipun metode prosesnya sederhana. Hasil penelusuran pustaka melalui <http://www.google.com/patent> menunjukkan bahwa metode ini belum pernah dikembangkan sebelumnya.

BAB IV

METODE PENELITIAN

A. Alur Penelitian

Penelitian tahun pertama difokuskan pada pengembangan metode pengecoran untuk membuat bahan laminat baja karbon rendah-tembaga (Gambar 2). Difusi yang terbentuk antara baja karbon rendah dan tembaga menjadi indikator keberhasilan metode pencairan logam yang diterapkan untuk membuat laminat baja-tembaga.



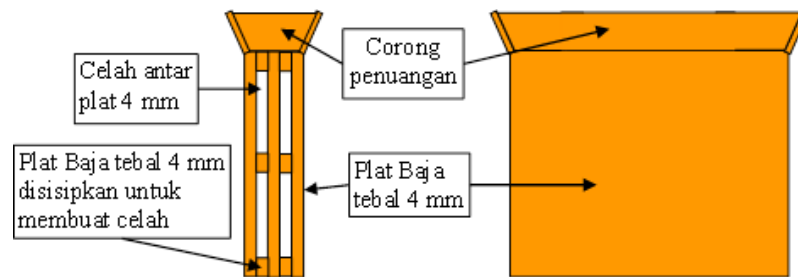
Gambar 2. Bagan alur penelitian tahun pertama

B. Bahan Penelitian

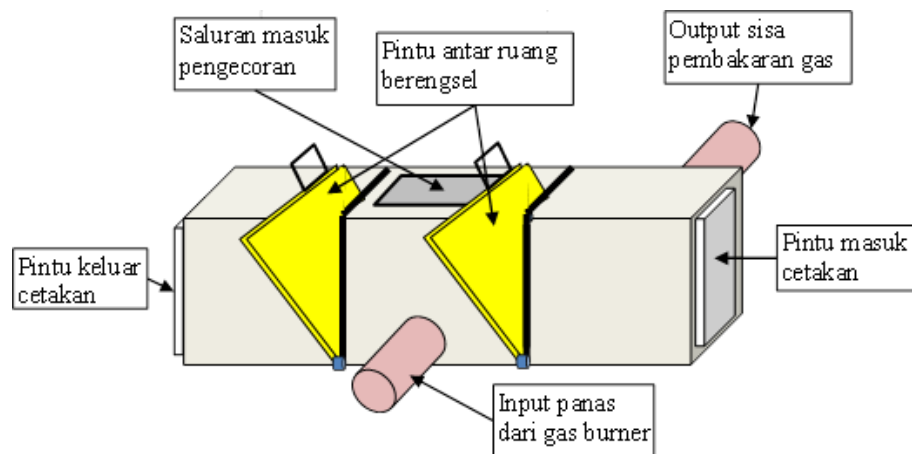
Plat baja karbon rendah tebal 4 mm dari pasaran dipilih dengan maksud agar tidak mudah terdeformasi saat pemanasan maupun pencelupan. Plat di uji komposisi kimia di PT Itokoh Ceperindo, Klaten.

1. Metode Pertama

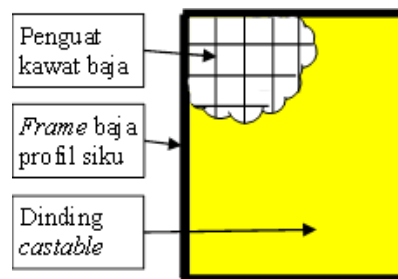
Plat baja karbon rendah tebal 4 mm dipotong-potong dengan ukuran 200x300 mm. Plat-plat disusun berjajar dengan celah antar plat 4 mm. Jumlah lapisan laminat baja-tembaga adalah 5 lapis dengan tebal keseluruhan 20 mm (Gambar 3).



Gambar 3. Susunan plat baja pada metode pertama

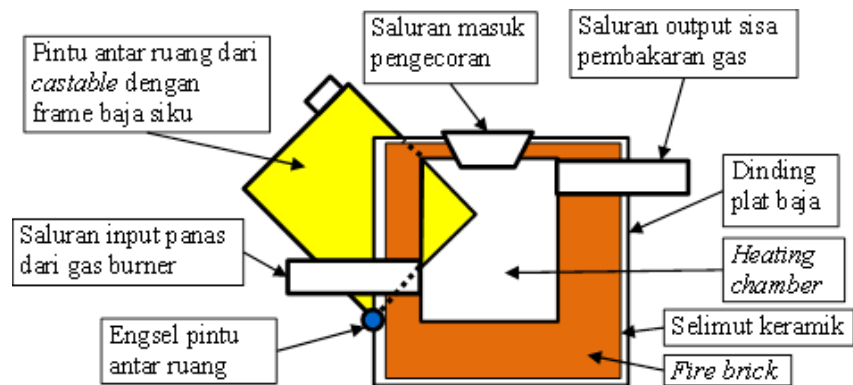


Gambar 4. Kotak pemanas

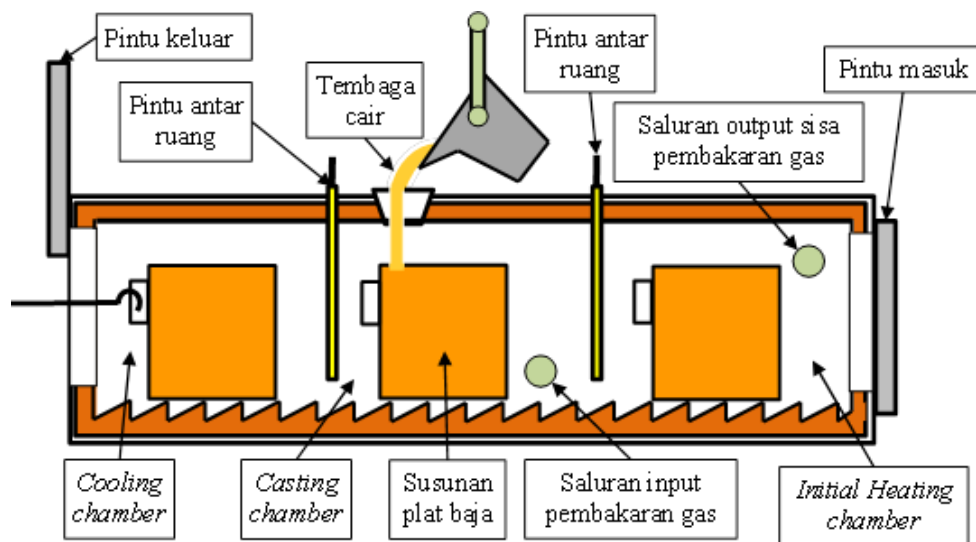


Gambar 5. Konstruksi pintu antar ruang

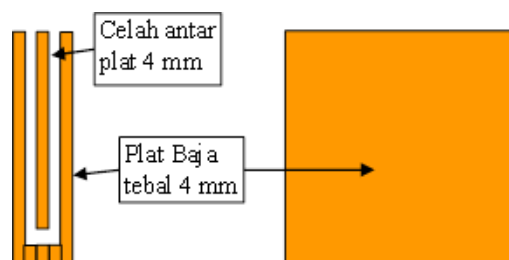
Rangka kotak pemanas dari profil siku baja ukuran (40x40x3) mm dan dinding luar plat baja tebal 2 mm (Gambar 4). Dinding dalamnya dilapis selimut keramik dan BTA. Kotak pemanas terbagi atas tiga ruang (*chamber*): *initial heating*, *casting* dan *cooling chamber*. Pintu antar ruang (Gambar 5) dari *castable* TNC-17 dengan *frame* baja profil siku (40x40x3) mm berpenguat kawat baja diameter 8 mm. Penampang lintang kotak pemanas tampak pada Gambar 6, sedang penampang memanjangnya tampak pada Gambar 7.



Gambar 6. Penampang melintang kotak pemanas



Gambar 7. Penampang memanjang kotak pemanas



Gambar 8. Susunan plat baja pada metode kedua

2. Metode Kedua

Plat baja karbon rendah tebal 4 mm dipotong dengan ukuran 60 x 60 mm. Plat-plat disusun berjajar dengan celah antar plat 4 mm. Jumlah lapisan laminat baja-

tembaga adalah 5 lapis dengan tebal keseluruhan 20 mm. Namun posisi plat baja yang tengah dibuat sedikit lebih pendek sehingga terdapat celah di bagian bawah. Hal ini agar tembaga cair dapat mengisi celah antar plat baja melalui bagian bawah sehingga udara didalam celah akan lebih mudah keluar. Susunan plat baja juga tidak ditambahkan corong penuangan (Gambar 8).

C. Prosedur Pembuatan

1. Metode Pertama

Tembaga dilebur dengan dapur krusibel hingga suhu 1200 °C untuk menjaga agar tembaga tetap cair saat penuangan. Susunan baja dipanaskan pada kotak pemanas hingga suhu austenit. Tembaga yang dicairkan dalam kowi baja Ø 120 x 150 mm dituangkan ke celah-celah antara diantara susunan baja dan dibiarkan mendingin perlahan-lahan.

Proses penuangan dilaksanakan dengan tahapan sebagai berikut: (1) Siapkan susunan plat baja; (2) Cairkan tembaga dengan dapur krusibel hingga suhu 1200 °C; (3) Panaskan kotak pemanas menggunakan gas burner; (4) Masukkan susunan plat baja ke kotak pemanas dan panaskan hingga suhu yang ditentukan; (5) Tuangkan tembaga cair; (6) Biarkan tembaga mendingin dan memadat secara perlahan-lahan.

2. Metode Kedua

Tembaga dilebur dengan dapur krusibel hingga suhu 1200 °C untuk menjaga agar tembaga tetap cair saat dicelupi plat baja bersuhu kamar. Susunan baja dicelupkan ke dalam kowi dan tahan beberapa saat. Penahanan dimaksudkan agar baja mencapai suhu austenit dan udara di celah-celah antar baja keluar.

Proses pencelupan dilaksanakan dengan tahapan sebagai berikut: (1) Siapkan susunan plat baja; (2) Cairkan tembaga dengan dapur krusibel hingga suhu 1200 °C; (3) Bersihkan terak pada permukaan tembaga cair; (4) Masukkan susunan plat baja ke kowi; (5) Tahan beberapa saat; (6) Angkat dan biarkan mendingin serta memadat secara perlahan-lahan.

D. Pengujian

Pengujian yang dilakukan mengacu pada keluaran, yaitu keberhasilan metode pembuatan laminat baja–tembaga. Keberhasilan metode ini ditentukan dari hasil uji coba pembuatan laminat meliputi:

1. Pengamatan fisis, antara lain: baja dan tembaga saling menempel dengan baik, tidak terjadi oksidasi pada batas baja-tembaga, tidak terjadi distorsi pada batas baja-tembaga akibat perbedaan panas.
2. Pengamatan stuktur mikro untuk mengamati difusi pada zona sambungan baja-tembaga yang ditandai oleh struktur campuran baja-tembaga. Pengamatan dilakukan menggunakan mikroskop optik *olympus* dengan *eye piece* optilab di laboratorium bahan dan pengolahan JPTM FT UNY.
3. Uji geser untuk mengetahui karakteristik sambungan baja-tembaga pada laminat baja-tembaga. Pengujian menggunakan mesin uji tarik universal di laboratorium bahan dan pengolahan JPTM FT UNY.

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pembuatan Kotak Pemanas

Rangka kotak pemanas menggunakan baja profil siku ukuran (40x40x3) mm. Baja profil siku dipotong-potong sesuai ukuran gambar yang telah dibuat. Rangka kotak pemanas dirakit dengan las. Dinding kotak pemanas dari plat baja tebal 2 mm. Dinding dirakit ke rangka dengan teknik *tack weld* agar tidak terjadi deformasi akibat panas pengelasan. Dimensi total kotak adalah (1360x570x470) mm.

Kotak pemanas memiliki tiga ruang (*chamber*), yaitu: *initial heating*, *casting* dan *cooling chamber*. Saluran input panas terletak pada *casting chamber* (Gambar 9), karena ruangan ini harus mempunyai suhu tertinggi. Panas yang masuk ke *casting chamber* disalurkan ke *initial heating chamber* dan akhirnya gas sisa pembakaran dibuang melalui saluran output (Gambar 10). Pintu masuk, keluar dan antar ruang berpenguat besi baja Ø 8 mm (Gambar 11) sebagai tulangan castable TNC-17 yang dicetakkan sebagai isolator panas.



Gambar 9. Saluran input panas kotak pemanas



Gambar 10. Saluran output kotak pemanas

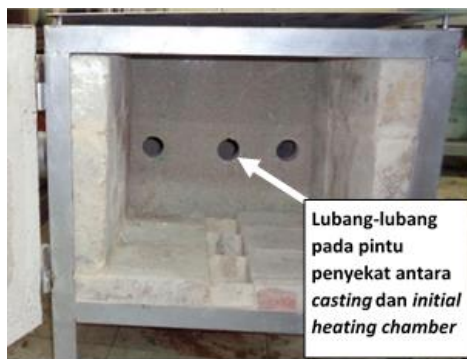


Gambar 11. Tulangan pada pintu



Gambar 12. Pencetakan *castable*

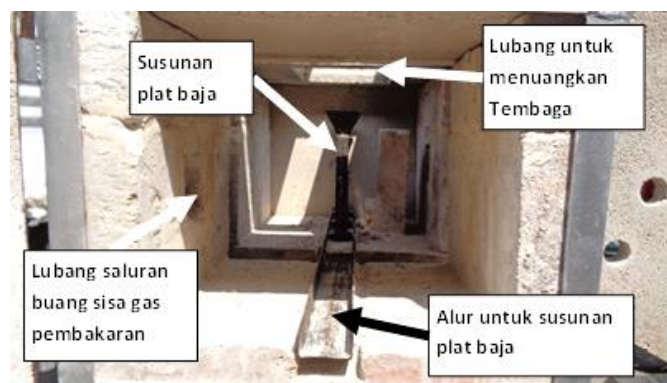
Castable dicampur air dan di aduk hingga merata. Adonan di cetakkan dan dipadatkan pada pintu masuk, keluar maupun penyekat sebagai isolator (Gambar 12). Isolator bagian dalam kotak adalah kombinasi selimut keramik dengan BTA SK 32, SK 34 dan SK 36. BTA direkatkan dengan *air setting mortar*. BTA SK 34 yang keras digunakan pada alas karena untuk landasan plat baja karbon. Dinding *initial heating* dan *cooling chamber* dipasang BTA SK 32 yang lebih ringan namun ketahanan panasnya sudah memenuhi (Gambar 13). Dinding *casting chamber* dipasang BTA SK 36 yang lebih keras dan tahan panas karena menerima panas tinggi dan semburan panas langsung dari gas burner. Kotak pemanas menggunakan satu gas burner. Panas yang dihasilkan di salurkan ke *casting chamber* yang memiliki suhu paling tinggi dan mengalir ke *initial heating chamber* lewat lubang-lubang pada pintu antara (Gambar 13), kemudian sisa pembakaran dibuang lewat saluran buang. Dinding luar kotak pemanas dilapis cat yang tahan hingga suhu 300 °C. Gambar 14 memperlihatkan hasil kotak pemanas yang telah berhasil dibuat. Sedang Gambar 15 memperlihatkan bagian dalam kotak pemanas.



Gambar 13. Susunan BTA



Gambar 14. Kotak Pemanas

Gambar 15. *Casting chamber* untuk proses penuangan tembaga

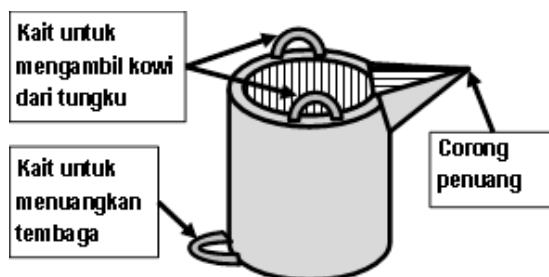
B. Pembuatan Laminat Baja-Tembaga

1. Metode pertama

Kotak pemanas diaplikasikan pada pembuatan bahan laminat baja tembaga dengan proses penuangan. Pemanasan baja dalam kotak dan peleburan tembaga dalam tungku krusibel dilakukan dengan gas LPG (Gambar 16). Tembaga diwadahi dalam kowi dari pipa baja \varnothing 130 mm x 150 mm yang bagian bawahnya ditutup plat tebal 10 mm, dibuat di JPTM FT UNY. Kowi dilengkapi pengait untuk mengangkat dari tungku dan menuangkan tembaga cair (Gambar 17).



Gambar 16. Kotak pemanas dan tungku krusibel



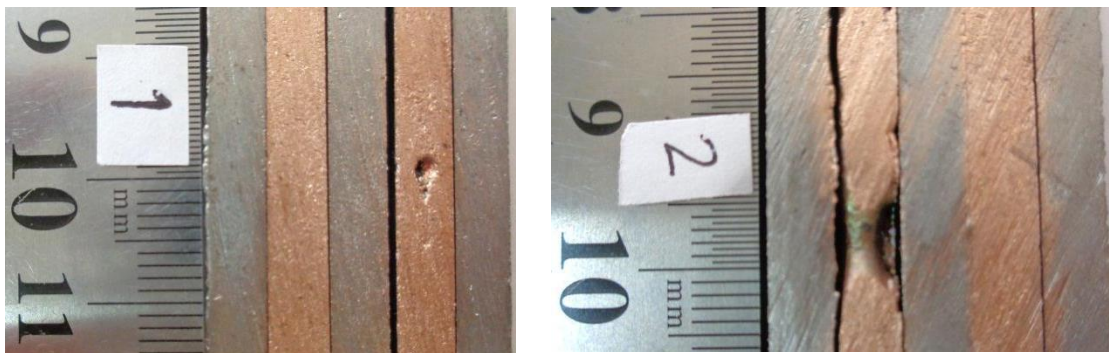
Gambar 17. Kowi



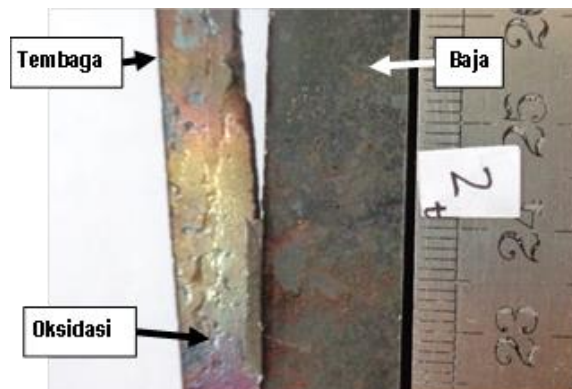
Gambar 18. Penuangan tembaga

Susunan plat baja dibuat dimasukkan ke kotak pemanas dan dipanaskan. Setelah suhu target terukur dengan termometer infrared, kowi diangkat dan tembaga dituangkan (Gambar 18). Selanjutnya susunan plat baja di dinginkan secara perlahan dalam *cooling chamber*. Pembuatan laminat baja-tembaga dengan metode pertama ini dilakukan dengan dua variasi suhu pemanasan baja yaitu 800 dan 460 °C.

Baja dan tembaga pada laminat baja-tembaga yang dibuat dengan metode pertama ini tidak saling menempel. Kondisi ini terjadi baik pada suhu pemanasan baja 800 maupun 460 °C (Gambar 19). Oksidasi merupakan penyebab utama tidak menempelnya baja dan tembaga (Gambar 20). Oksidasi terjadi karena kotak pemanas tidak dalam kondisi hampa sehingga saat dipanaskan baja bersentuhan langsung dengan udara. Reaksi permukaan baja dengan udara luar memang sangat sulit dihindarkan. Hal demikian juga dialami oleh Cahyono (2010) yang membuat laminat baja-nikel dengan metode tempa.



Gambar 19. Baja-tembaga tidak menempel:
(1) Pemanasan baja 800 °C; (2) Pemanasan baja 460 °C

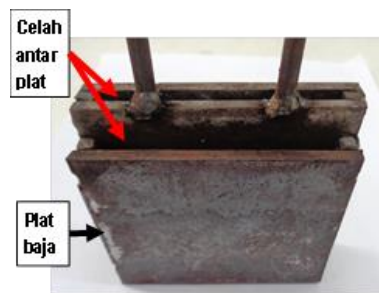


Gambar 20. Oksidasi pada permukaan laminat baja-tembaga

Metode pertama pembuatan laminat baja-tembaga tidak dapat dilakukan kecuali baja ditempatkan dalam ruang hampa saat dipanaskan. Kemungkinan lain adalah menambahkan suatu bahan atau zat pada permukaan baja yang mampu mencegah munculnya oksidasi. Namun hal ini membutuhkan telaah lebih lanjut.

2. Metode Kedua

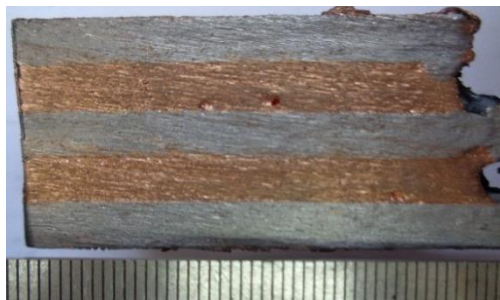
Susunan plat baja yang akan dicelupkan ke dalam tembaga cair tampak pada Gambar 21, sedang proses pencelupan tampak pada Gambar 22. Sebelum susunan plat baja dicelupkan, terak yang mengapung dipermukaan tembaga cair dibersihkan terlebih dahulu. Termometer infrared menunjukkan suhu 1198°C sesaat sebelum pencelupan baja yang dapat dikatakan bahwa tembaga cair sudah mencapai suhu 1200°C . Baja dicelupkan ke dalam tembaga cair dan ditahan di dalamnya selama beberapa saat sekitar dua menit. Hal ini ditujukan agar baja karbon rendah terpanaskan hingga suhu austenit dan udara yang terdapat di celah-celah susunan plat baja bergerak keluar.



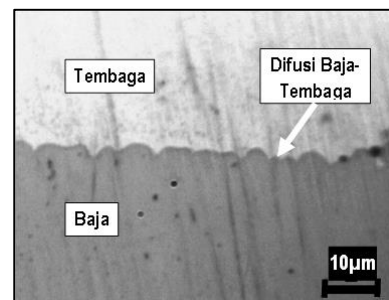
Gambar 21. Susunan plat baja pada metode kedua



Gambar 22. Pencelupan baja



Gambar 23. Laminat baja-tembaga

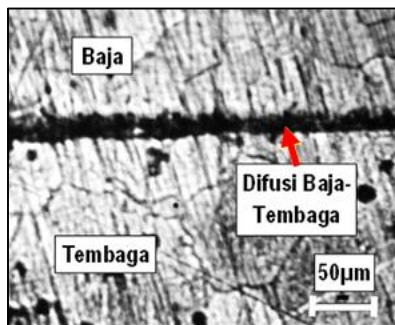


Gambar 24. Gambar Mikro Sambungan baja-tembaga

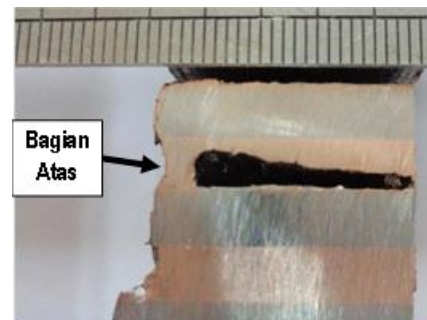
Hasil pencelupan ditunjukkan pada gambar 23, sedang pengamatan dengan mikroskop pada bagian sambungan baja-tembaga tampak pada gambar 24. Telaah terhadap gambar 23 memperlihatkan adanya rongga-rongga pada tembaga. Hal ini mungkin disebabkan oleh udara yang tidak dapat keluar dan terjebak saat pencelupan. Kemungkinan lain adalah muncul sedikit terak baik pada permukaan baja maupun pada tembaga cair. Bagaimanapun, kondisi ini membutuhkan telaah lebih lanjut.

C. Struktur Mikro Laminat Baja-Tembaga

Gambar 25 memperlihatkan struktur mikro sambungan baja-tembaga. Tampak bahwa pada bagian tersebut terjadi difusi. Namun, belum dapat diketahui pasti unsur atau senyawa apa saja yang terdapat pada zona difusi tersebut. Hasil pengujian komposisi kimia terhadap baja karbon rendah menunjukkan bahwa, selain Fe dan C juga terkandung beberapa unsur lain seperti: S, Al, Ni, Cr, dan N. Demikian pula pada tembaga, pada saat peleburan ditambahkan kuningan yang merupakan senyawa antara tembaga dan seng. Besar kemungkinan unsur-unsur tersebut berperan dan berpengaruh dalam proses difusi. Telaah lebih mendalam pada zona difusi baja-tembaga diperlukan untuk mengetahui senyawa-senyawa yang terbentuk.



Gambar 25. Difusi baja-tembaga



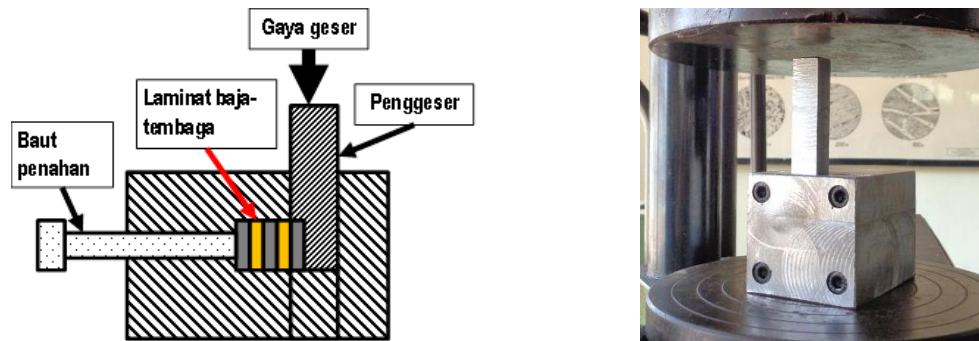
Gambar 26. Udara yang terjebak

D. Udara Terjebak

Bagian luar laminat menampilkan hasil bagus (Gambar 23), namun terindikasi udara terjebak pada bagian dalam (Gambar 26). Udara pada celah susunan plat baja tidak dapat keluar karena tembaga cair mengisi celah dari atas. Udara di dalam celah tidak mampu menembus keluar melalui tembaga cair yang cukup kental. Hal ini dapat dijelaskan dari rongga yang terbentuk. Rongga tersebut lebih lebar pada bagian atas yang menunjukkan bahwa udara di dalam celah sedang bergerak keluar. Namun, kecepatan Bergeraknya udara lebih lambat dibanding kecepatan pembekuan tembaga. Akibatnya udara terjebak di dalam dan membentuk rongga dalam laminat baja-tembaga. Hal serupa juga tampak jelas pada patahan hasil uji geser (Gambar 28). Bentuk rongga yang membulat serta dasar rongga yang relatif halus, mengindikasikan udara di dalam celah susunan plat baja tidak mempunyai cukup waktu untuk keluar dari tembaga cair. Hasil observasi ini menunjukkan bahwa perlu dilakukan modifikasi pada bentuk susunan plat baja yang akan dicelup ke tembaga cair.

E. Kekuatan Geser

Uji geser dilakukan pada tiap lapisan laminat baja-tembaga yang berhasil dibuat. Pengujian dilaksanakan pada *universal testing machine* menggunakan sebuah alat bantu (Gambar 27). Hasil uji geser terhadap laminat baja-tembaga disajikan pada tabel 2, sedang patahan hasil uji geser diperlihatkan pada Gambar 28 dan 29.



Gambar 27. Alat bantu uji geser

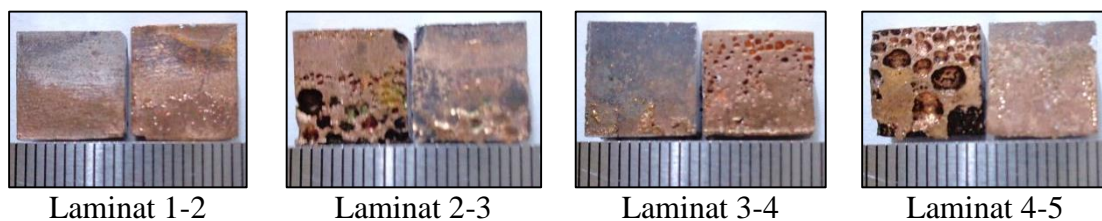
Tabel 2. Kekuatan geser antar laminat

Benda uji	Kekuatan geser antara laminat (N/mm ²)			
	1-2	2-3	3-4	4-5
1	72,46	76,09	18,12	90,58
2	231,88	101,45	181,16	169,57

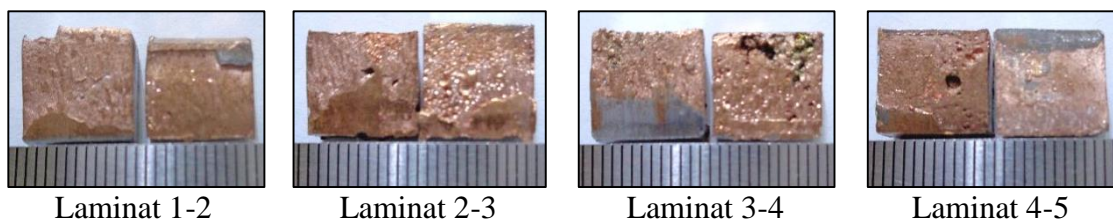
1 2 3 4 5

■ = Baja

■ = Tembaga



Gambar 28. Patahan uji geser benda uji 1



Gambar 29. Patahan uji geser benda uji 2

Tampak bahwa kekuatan geser benda uji 1 lebih rendah, bahkan pada laminat 3-4, kekuatan gesernya hanya 18,12 N/mm². Gambar 28 menjelaskan mengapa hal ini dapat terjadi. Pada benda uji 1 teramati terdapat rongga-rongga udara yang terjebak di dalam tembaga. Udara yang terjebak dan mengandung oksigen ini memicu munculnya lapisan oksidasi pada permukaan baja karbon rendah. Rongga-rongga udara yang terjebak menyebabkan kekuatan geser di setiap laminat pada benda uji 1 lebih rendah karena oksidasi dan luasan geser lebih sempit sehingga patahan terjadi pada lapis batas laminat baja- tembaga.

Hal sebaliknya terjadi pada benda uji 2. Pengamatan terhadap Gambar 29 menunjukkan patahan tidak terjadi pada lapis batas laminat, namun pada bahan tembaga. Hal ini tampak jelas dari bentuk patahan yang tidak rata. Tembaga yang bersifat ulet memberikan bentuk patahan tidak rata. Bagaimanapun, kekuatan tembaga lebih rendah dari baja, sehingga patahan terjadi pada tembaga dan bukan pada baja. Patahan yang terjadi pada sisi tembaga ini juga mengindikasikan bahwa kekuatan sambungan baja-tembaga lebih tinggi dari kekuatan tembaga. Hal ini berarti, pada sambungan baja-tembaga terjadi reaksi antara baja dan tembaga atau antara unsur-unsur lain yang terkandung dalam baja maupun tembaga. Telaah lebih lanjut terhadap karakteristik sambungan baja-tembaga pada bahan laminat ini perlu dilakukan.

BAB VI

RENCANA TAHAPAN BERIKUTNYA

A. Latar Belakang

Produk laminat baja-tembaga berhasil dibuat melalui metode kedua, yaitu mencelupkan susunan plat baja karbon rendah ke dalam tembaga cair. Baja karbon rendah dan tembaga dapat saling melekat. Pengamatan struktur mikro menunjukkan terjadi reaksi kimia antara baja dan tembaga. Hal ini mengindikasikan terjadi difusi. Meskipun demikian, belum diketahui jenis difusi yang terjadi. Difusi dapat saja terjadi karena adanya unsur-unsur lain seperti misalnya seng (Zn) yang terdapat dalam kuningan.

Hasil yang tercapai pada penelitian tahun pertama ini perlu dikaji lebih dalam khususnya mengenai karakteristik difusi antara baja dan tembaga. Lebih jauh, perlu dikaji pula faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya difusi tersebut. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi sambungan baja dan tembaga antara lain: (1) Kekasaran permukaan baja; (2) Lama pencelupan; (3) Jumlah penambahan kuningan; (4) Suhu tembaga cair; (5) Tebal plat baja dan (6) Celah antar plat. Karakteristik mekanis dan fisis bahan laminat baja-tembaga perlu diselidiki sehingga pemanfaatan bahan ini dapat dikembangkan.

B. Batasan Masalah

Permasalahan penelitian tahun kedua dibatasi pada karakteristik bahan laminat baja-tembaga yang dipengaruhi oleh faktor-faktor: (1) Kekasaran permukaan baja; (2) Lama pencelupan dan (3) Jumlah penambahan kuningan. Metode mencelupkan baja ke dalam tembaga cair diterapkan untuk membuat bahan laminat baja-tembaga. Karakterisasi yang direncanakan meliputi: (1) Struktur mikro; (2) SEM/EDAX; (3) Uji geser.

C. Rumusan Masalah

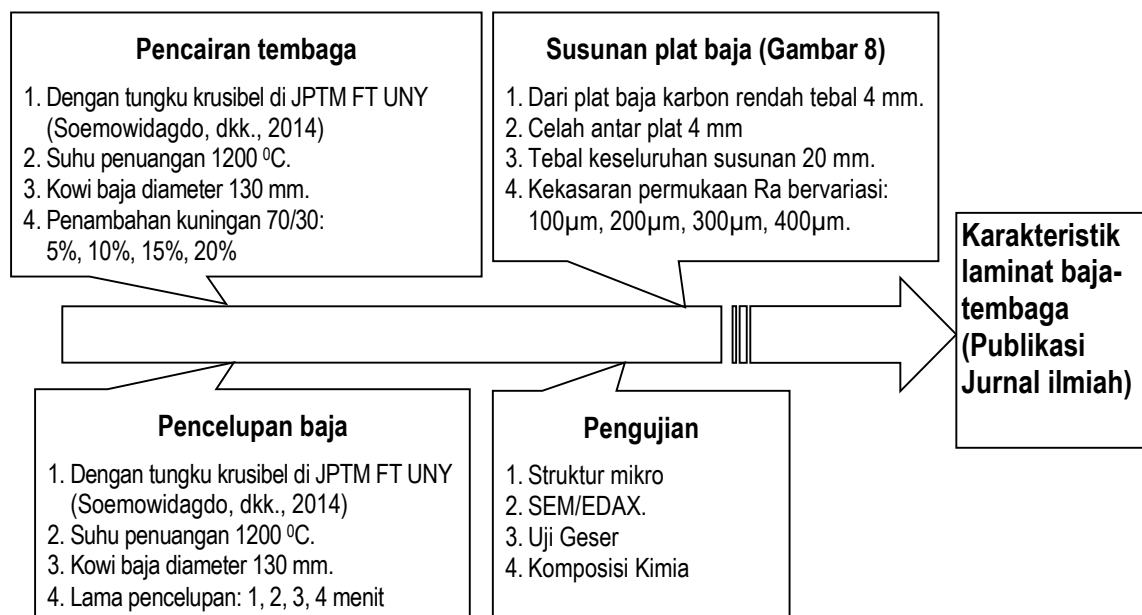
Berdasarkan uraian pada latar belakang dan batasan masalah di atas, maka permasalahan pada penelitian tahun kedua dapat dirumuskan sebagai berikut:

- a. Bagaimanakah pengaruh kekasaran permukaan baja terhadap sifat fisis dan mekanis bahan laminat baja-tembaga?

- b. Bagaimanakah pengaruh lama pencelupan terhadap sifat fisis dan mekanis bahan laminat baja-tembaga?
- c. Bagaimanakah pengaruh penambahan kuningan terhadap sifat fisis dan mekanis bahan laminat baja-tembaga?

D. Alur Penelitian Tahun Kedua

Penelitian tahun kedua difokuskan pada pengaruh kekasaran permukaan baja, lama pencelupan dan jumlah penambahan kuningan terhadap karakteristik laminat baja-tembaga (Gambar 30). Sifat fisis dan mekanis menjadi indikator karakteristik laminat baja-tembaga yang dikembangkan.



Gambar 30. Bagan alur penelitian tahun kedua

E. Pengujian

Beberapa pengujian dilakukan terhadap bahan multi laminat baja karbon rendah-tembaga yang telah dibuat sebagai indikator keberhasilan metode yang diterapkan. Pengujian yang dilakukan antaralain adalah:

1. Uji komposisi kimia dilakukan untuk mengetahui komposisi kimia baja karbon rendah, tembaga dan kuningan 70/30. Pengujian dilakukan di PT. Itokoh Ceperindo, Klaten, Jawa Tengah.
2. Pengujian kekasaran permukaan untuk mengetahui kekasaran permukaan baja karbon rendah. Pengujian di Laboratorium Metrologi JPTM FT UNY.

3. Pengamatan fisis, antara lain: baja dan tembaga saling menempel dengan baik, tidak terjadi oksidasi pada batas baja-tembaga, tidak terjadi distorsi pada batas baja-tembaga akibat perbedaan panas.
4. Pengamatan stuktur mikro untuk mengamati difusi pada zona sambungan baja-tembaga yang ditandai oleh struktur campuran baja-tembaga. Pengamatan dilakukan menggunakan mikroskop optik *olympus* dengan *eye piece* optilab di laboratorium bahan dan pengolahan JPTM FT UNY.
5. Uji Geser untuk mengetahui karakteristik laminat baja-tembaga. Pengujian menggunakan mesin uji tarik universal di laboratorium bahan dan pengolahan JPTM FT UNY. Jumlah benda uji *lap shear* adalah 5 buah.
6. Pengujian SEM/EDAX untuk menganalisis difusi pada *interface* baja-tembaga. Mekanisme proses difusinya maupun persenyawaan baja-tembaga pada bagian tersebut. Pengujian akan dilaksanakan di Fakultas MIPA UGM, Yogyakarta.

F. Rencana Jadwal Penelitian Tahun Kedua

Rencana jadwal penelitian tahun kedua secara ringkas tampak pada tabel 3.

Tabel 3. Rencana penelitian tahun kedua.

Uraian	Tahun 2											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. Seminar Instrumen.												
2. Pembelian baja, tembaga dan kuningan												
3. Pengujian komposisi kimia												
4. Pembuatan susunan plat baja dan uji kekasaran permukaan												
5. Pembuatan laminat baja-tembaga												
6. Pembuatan alat bantu uji geser												
7. Preprasi sampel												
8. Struktur mikro, SEM/EDAX dan uji geser												
9. Analisis hasil												
10. Seminar hasil												
11. Pembuatan Laporan												

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil pelaksanaan pengembangan bahan multi laminat baja karbon-rendah-tembaga melalui pengecoran hingga tengah tahun pertama ini, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Multi laminat baja-tembaga berhasil dibuat dengan metode mencelupkan susunan baja ke dalam tembaga cair.
2. Difusi terjadi pada lapis batas antara baja dan tembaga. Kekuatan geser maksimum pada lapis batas antara baja-tembaga adalah 231,88 N/mm². Rongga-rongga akibat udara yang terjebak masih muncul dan mengurangi kualitas multi laminat.

B. Saran

1. Susunan plat baja perlu dimodifikasi ulang sehingga memungkinkan udara terdorong oleh tembaga cair dan mengalir keluar.
2. Penelitian perlu dilanjutkan untuk menelaah pengaruh kekasaran permukaan baja, waktu pencelupan dan penambahan kuningan terhadap karakteristik multi laminat baja-tembaga.

DAFTAR PUSTAKA

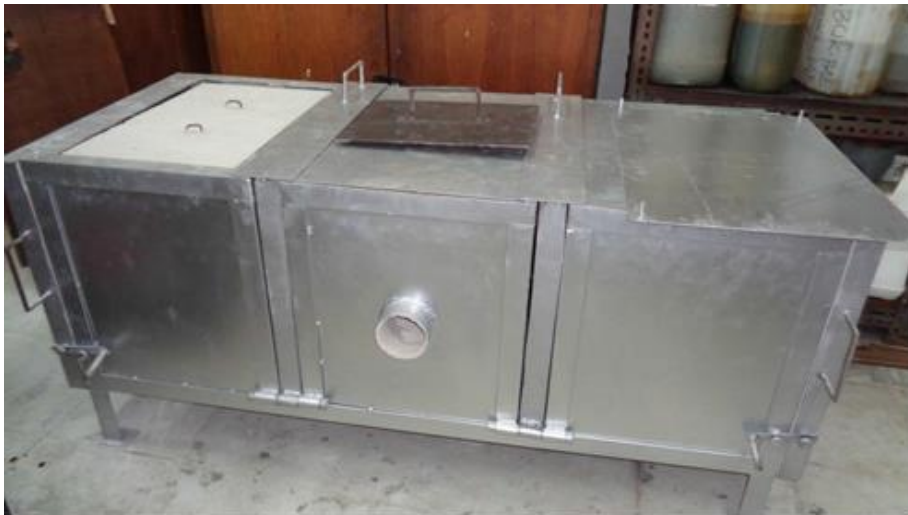
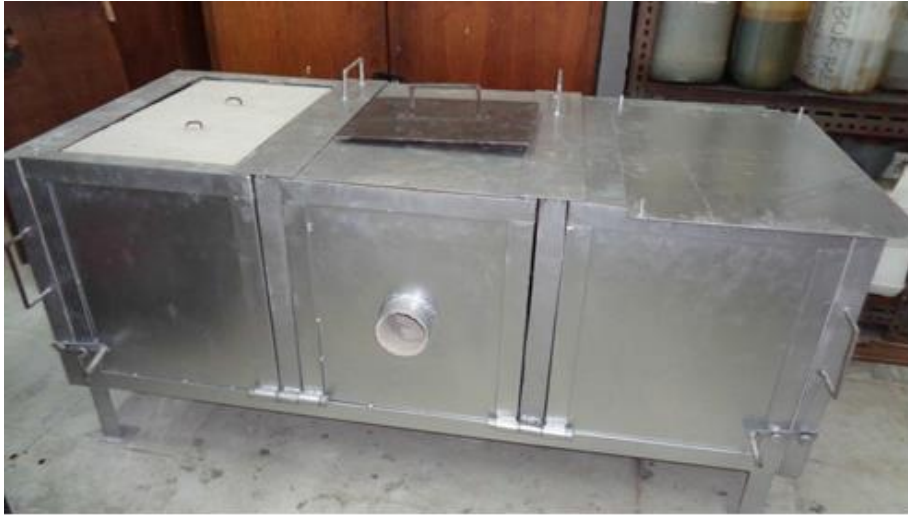
- Al-Qur'an dan Terjemahnya, 2007, Media Insani Publishing, Surakarta, Indonesia.
- Bouaziz, O., et al., 2006, *Metallic Sandwich Sheet*, United States Patent, Pub. No.: US 2006/0147743 A1.
- Cahyono, G.M.D., 2010, Aplikasi Teknik Pembuatan Keris Pada Komposit Laminat Baja- Nikel, <http://digilib.its.ac.id/ITS-Undergraduate-3100010039072/9900>, diakses: 5 Januari 2011, 10.45 WIB
- Clyne, T.W., dan Markaki, A., 2004, *Sandwich Material*, United States Patent, Patent No.: US 6,764,772 B2.
- Garnault, A.M., et al., 2004, *Multi-Layer Metal Sandwich Materials Comprising Epoxy-Based Adhesive Systems*, United States Patent, Pub. No.: US 2004/0058181 A1.
- Groll, W.A., dan McMurray, PA, 2008, *Method Of Making A Composite Metal Sheet*, United States Patent, Patent No.: US 7,353,981 B2.
- Nagai, H., et al., 1986, *Metal-Resin-Metal Sandwich Laminates*, United States Patent No: 4,594,292.
- Ostroushko, D., dan Mazancová, E., 2010, *Chosen Properties Of Sandwich CrNi Steel-Ti Material After Explosive Cladding*. Diakses dari: <http://www.metal2011.com/data/metal2010/sbornik/lists/papers/336.pdf>; 5 Januari 2011, 10.20 WIB.
- Pflug, J., dan Vangrimde, B., 2003, *New Sandwich Material Concepts-Continuously Produced Honeycomb Cores*, <http://www.compositesintransport.com/>; diakses: 5 januari 2011, 10.35 WIB.
- Soemowidagdo, et.al., 2010, *Pengembangan Metode Karburising Padat untuk Meningkatkan Kekuatan Mekanis Baja Karbon Rendah*, Laporan Penelitian Hibah Bersaing, LPPM, UNY.
- Soemowidagdo, et.al., 2013, *Pengembangan Tungku Peleburan Aluminium Untuk Mendukung Kompetensi Pengecoran Di SMK Program Studi Keahlian Teknik Mesin*, Laporan PPM Unggulan, LPPM, UNY.
- Tias, E.H., 2008, *Karakterisasi Sifat Mekanik Struktur Sandwich Dan Material Penyusunnya Melalui Pengujian Bending Dengan Variasi Panjang Penumpu*, <http://digilib.itb.ac.id/gdl.php?mod=browse&op=read&id=jbptitbpp-gdl-ettyhernan-32224>; dikses: 5 januari 2011, 11.02 WIB.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Personalia Peneliti.

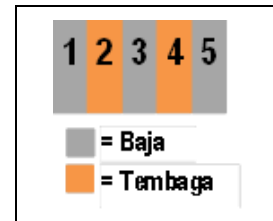
No	Nama dan Gelar Akademik	Bidang keahlian	Jabatan	Instansi
1	Arianto Leman S., MT.	Mekanika bahan	Ketua	T. Mesin UNY
2	Tiwan, MT.	Teknologi Bahan	Anggota	T. Mesin UNY
3	Suyadi	Pengujian Bahan	Pencacah data	T. Mesin UNY
4	Muntoha	Proses Fabrikasi	Pembuatan susunan plat	T. Mesin UNY
5	Jati suseno	Proses Fabrikasi	Proses penuangan	T. Mesin UNY

Lampiran 2. Kotak Pemanas



Lampiran 3. Hasil Uji Geser

Benda uji	Gaya geser antara laminat (N)			
	1-2	2-3	3-4	4-5
1	10.000	10.500	2.500	12.500
2	32.000	14.000	25.000	23.400



Lampiran 4. Komposisi Kimia Baja Karbon Rendah



PT. ITOKOH CEPERINDO
Stainless Steel & Alloy Casting



COMPANY : PT. ITOKOH CEPERINDO
SAMPLE NAME : MILD STEEL 1
CUSTOMER : BP. ARI UNY
FURNACE : RH2330F01/2481
OPERATOR : YOGA
DATE / TIME : 23-AUG-2013 15:08:59
TASK : Conc_Fei METHOD : FEGLFE

	Fe	S	Al	C	Ni	Nb	Si	Cr	V
1	99.5620	0.0148	0.0239	0.0323	0.0179	-0.0016	0.0079	0.0138	0.000
2	99.5906	0.0091	0.0300	0.0336	0.0141	-0.0008	0.0087	0.0137	0.001
AVG	99.5763	0.0119	0.0270	0.0329	0.0160	-0.0012	0.0083	0.0138	0.001
SD	0.02022	0.00406	0.00429	0.00093	0.00273	0.00056	0.00060	0.00007	0.000
SD%	0.02	34.03	15.90	2.82	17.08	45.44	7.23	0.48	39.71

	Mn	Mo	W	P	Cu	Ti	N	B	Pb
1	0.2314	-0.0009	-0.0023	0.0181	0.0074	0.0014	0.0516	0.0002	0.002
2	0.2417	-0.0018	-0.0038	0.0129	0.0074	0.0017	0.0191	0.0001	0.005
AVG	0.2366	-0.0014	-0.0031	0.0155	0.0074	0.0015	0.0354	0.0002	0.003
SD	0.00724	0.00067	0.00102	0.00365	0.00003	0.00022	0.02299	0.00007	0.001
SD%	3.06	49.15	33.23	23.51	0.35	14.10	65.04	37.82	53.06

	Sb	Ca	Mg	Zn	Co
1	0.0044	-0.0005	-0.0000	0.0005	0.0022
2	0.0003	-0.0002	0.0002	0.0005	0.0023
AVG	0.0024	-0.0004	0.0001	0.0005	0.0022
SD	0.00288	0.00024	0.00014	0.00002	0.00007
SD%	120.85	62.28	157.56	4.98	3.30



INDONESIA OFFICE & FACTORY : Jl. KH. Hasyim As'ari By Pass Selatan Klaten 57438 PO. BOX 130, Jateng - Indonesia
Phone : (0272) 324208, 324038, Fax. (324213), E-mail : itokohci@indosat.net.id

JAPAN OFFICE : 3-22-2 Motogo, Kawaguchi City, Saitama, Japan
Phone : 81 482 248 401, Fax : 81 482 242070



LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

**BERITA ACARA PELAKSANAAN SEMINAR PROPOSAL DAN
INSTRUMEN PENELITIAN**

No. FRM/LPPM-PNL/309

Revisi : 00

Tgl 1 September 2014

Hal 1 dari 1

1. Nama Peneliti : Arianto Leman Soemawidagdo
2. Jurusan/Prodi :
3. Fakultas :
4. Skim Penelitian : Fundamental
5. Judul Penelitian : Pengembangan Bahan Multi Laminat Baja karbon Rendah - Impaksi Melalui Proses Pengelasan
6. Pelaksanaan : Tanggal 6 Maret 2015 Jam 13.40 WIB
7. Tempat : Ruang Sidang LPPM UNY
8. Dipimpin oleh : Ketua Dr. Mujiyono
Sekretaris Dr. Umm Amriatun
9. Peserta yang hadir : a. Reviewer : 2 orang
b. Notulis : 1 orang
c. Peserta lain : 14 orang
- Jumlah : 17 orang

Dr. Haru Murtahyo : SARAN-SARAN

- Instrumennya sudah siap?

Dr. Mujiyono :

- Produk perlu di lengkapi dg. aplikasi
- FALCO biasanya tjd. sel galvanis, korosi, shg. perlu diperku-kan lagi
- Kalau hasil nya metak, maka sudah betul hanya 1 (temperatur nya di variatkan, pH yg. terbaik yg. mana)

10. Hasil Seminar;

Setelah mempertimbangkan penyajian, penjelasan, argumentasi serta sistematika dan tata tulis, seminar berkesimpulan: proposal penelitian tersebut di atas:

- a. Diterima, tanpa revisi/pembenahan usulan/instrumen/hasil
- ☒ b. Diterima, dengan revisi/pembenahan
- c. Dibenahi untuk diseminarkan ulang

Ketua Sidang

Dr. Mujiyono
NIP:

Reviewer

Dr. Haru Murtahyo
NIP:

Notulis

Dr. Umm Amriatun
NIP: 1972157021998022001

Format Penilaian Kesiapan Pelaksanaan Penelitian

LEMBAR PENILAIAN
KESIAPAN PELAKSANAAN PENELITIAN FUNDAMENTAL UNY

1. Nama Peneliti : Ariant, Loman S.
 2. Jurusan/Prodi/Fakultas : PT. Mesin / FT UNY
 3. Jenis penelitian : Pengembangan Bahan Multi Laminat Baja Karbon
 Rendah - Tensile Melalui Proses Pengcoran.

No.	Kriteria	Komentar/Saran-saran
1	Langkah-langkah pelaksanaan penelitian : Kejelasan dan kelengkapan	- jelas
2	Prototipe produk penelitian : kejelasan, keunikan dan kebaruan	- jelas
3	Instrumen penelitian yang digunakan : Kelengkapan	- jelas
4	Persiapan memasuki lapangan penelitian	- jelas
5	Kelayakan : Biaya, peralatan dan waktu	- layak
6	Kemungkinan penelitian ini dapat diselesaikan	- ?
7	Kesungguhan/keseriusan peneliti dalam penyiapan penelitian	- serius

SARAN-SARAN DARI REVIEWER SECARA KESELURUHAN:

- Karena teknik ini perlu ketelitian dan sabar, maka perlu
 difinishing & sebar & yg agar produknya sempurna.

Divalidasi dan disahkan oleh
 Ketua LPPM,



Prof. Dr. Anik Ghufon
 NIP. 19621111 198803 1 001

Yogyakarta, 6/3/2015.....
 Reviewer,

Dr. H. Nurul Huda
 NIP. 19620414 198803 1 003

Format Penilaian Kesiapan Pelaksanaan Penelitian

LEMBAR PENILAIAN KESIAPAN PELAKSANAAN PENELITIAN FUNDAMENTAL UNY

1. Nama Peneliti : Arianto Leman Soemowidagdo, MT.
 2. Jurusan/Prodi/Fakultas : PT. Mesin / FT - UNY
 3. Jenis penelitian : Pengembangan Bahan Multilaminat Baja Karbon Rendah - Tembaga Melalui Proses Pengcoran

No.	Kriteria	Komentar/Saran-saran
1	Langkah-langkah pelaksanaan penelitian : Kejelasan dan kelengkapan	
2	Prototipe produk penelitian : kejelasan, keunikan dan kebaruan	
3	Instrumen penelitian yang digunakan : Kelengkapan	
4	Persiapan memasuki lapangan penelitian	
5	Kelayakan : Biaya, peralatan dan waktu	
6	Kemungkinan penelitian ini dapat diselesaikan	
7	Kesungguhan/keseriusan peneliti dalam penyiapan penelitian	


SARAN-SARAN DARI REVIEWER SECARA KESELURUHAN:



1. perlu di perhatikan → pilih sel galvanis Fe-Cu.
2. uji geser → menggunakan Chalmers
3. produk → ini perlu di konfirmasikan ke aplikasi
4. Metode ~~Casting~~ Casting → sbg hasil

Divalidasi dan disahkan oleh
Ketua LPPM,


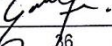
















Prof. Dr. Anik Ghufroh
NIP. 19621111 198803 1 001

Yogyakarta,.....
Reviewer,




Dr. Nugyomo
NIP. 19710511 1990021001

	LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA				
	DAFTAR HADIR SEMINAR PENELITIAN				
	No. FRM/LPPM-PNL/308	Revisi : 00	Tgl. 1 September 2014	Hal dari 5	

Hari/Tg : **Jum'at/6 Maret 2015**
 Waktu : 13.00 WIB - selesai
 Tempat : Ruang Sidang LPPM UNY

NO.	NAMA	JABATAN	TANDA TANGAN
32		Anggota	32
33	Prof. Sugiyarto, M.Sc., Ph.D.	Ketua Peneliti	33 
34		Anggota	34
35	Dr. Dadan Rosana, M.Si.	Ketua Peneliti	35 
36		Anggota	36
37	Prof. Dr. Bambang Subali, M.S.	Ketua Peneliti	37 
38		Anggota	38
39	Dr. Cahyorini Kusumawardani, M.Si.	Ketua Peneliti	39 
40	Prof. Krt Sugiyarto	Anggota	40 
41	Dr. Kun Setyaning Astuti, M.Pd.	Ketua Peneliti	41 
42		Anggota	42
43	Dr. Ratna Candra Sari, M.Si.	Ketua Peneliti	43 
44		Anggota	44
45	Dr. Sari Rudiati, M.Pd.	Ketua Peneliti	45 
46		Anggota	46
47	Dr. Endang Mulyatiningsih	Ketua Peneliti	47 
48		Anggota	48
49	Dr. Mami Hajaroh, M.Pd.	Ketua Peneliti	49 
50	Andriani	Anggota	50 
51	Dr. Mutiara Nugraheni, M.Si.	Ketua Peneliti	51 
52		Anggota	52
53	Dr. Rita Eka Izzaty, M.Si.	Ketua Peneliti	53 
54		Anggota	54
55	Dr. Siti Irene Astuti D., M.Si	Ketua Peneliti	55
56		Anggota	56
57	Prof. Dr. Endang Nurhayati, M.Hum.	Ketua Peneliti	57 
58	Rahm Andayani	Anggota	58 
59	Prof. Dr. Farida Hanum, M.Si.	Ketua Peneliti	59 
60		Anggota	60
61	Arianto Leman Soemawidagdo, Mt.	Ketua Peneliti	61 
62		Anggota	62

DISALAHIN 2015/daftar hadir seminar proposal instrumen 2015

	LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA DAFTAR HADIR SEMINAR PENELITIAN				
	No. FRM/LPPM-PNU/308	Revisi : 00	Tgl. 1 September 2014	Hal dari 5	
	Certificate No. QSC 01299				

Hari/Tg : **Jum'at/6 Maret 2015**
 Waktu : 13.00 WIB - selesai
 Tempat : Ruang Sidang LPPM UNY

NO.	NAMA	JABATAN	TANDA TANGAN
125	Dra. Rr. Lis Permana Sari, M.Si.	Ketua Peneliti	125
126	<i>Sukisman Purba</i>	Anggota	126
127	Drs. Bambang Setiyo Hari Purwoko, M.Pd.	Ketua Peneliti	127
128		Anggota	128
129	Drs. Edi Istiyono, M.Si.	Ketua Peneliti	129
130		Anggota	130
131	Maryati, S.Si., M.Si.	Ketua Peneliti	131
132		Anggota	132
133	Nelva Rolina, M.Si.	Ketua Peneliti	133
134	<i>Aprilia Tine L</i>	Anggota	134
135	Prof. Dr. Tomoliyus, M.S.	Ketua Peneliti	135
136		Anggota	136
137	R. Yosi Aprian Sari, M.Si.	Ketua Peneliti	137
138		Anggota	138
139	Dr. Heri Retnowati, M.Pd.	Ketua Peneliti	139
140	<i>Dr HARI SUTAJM</i>	Anggota	140
141	Dr. Nurkhamid, M.Kom.	Ketua Peneliti	141
142		Anggota	142
143	Dra. Sri Harti Widyastuti, M.Hum.	Ketua Peneliti	143
144		Anggota	144
145	Drs. Noto Widodo, M.Pd.	Ketua Peneliti	145
146	<i>Bambang Setiyo, M.Pd.</i>	Anggota	146
147	Prof. Dr. Achmad Dardiri, M.Hum.	Ketua Peneliti	147
148		Anggota	148
149	Prof. Dr. Herminarto Sofyan, M.Pd.	Ketua Peneliti	149
150	<i>Kokom Komariel</i>	Anggota	150

Ketua LPPM

 Prof. Dr. Anik Ghufon, M.Pd.
 NIP 19621111-198803 1 001

	LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT		
	UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA		
	BERITA ACARA SEMINAR HASIL PENELITIAN		
No. FRM/LPPM-PNL/314	Revisi : 00	Tgl 1 September 2014	Hal 1 dari 2

1. Nama Peneliti : Artanto Leman S., MT.
2. Jurusan/Prodi : Teknik
3. Fakultas : Fundamental
4. Skim Penelitian : Pengembangan Bahan Multilaminat Baja Karbon Rendah -
5. Judul Penelitian : Tembaga melalui Proses Anodisasi
6. Pelaksanaan : Tanggal 6 Nov 2015 Jam 13.00 - Selesai
7. Tempat : Ruang Sidang LPPM, Universitas Negeri Yogyakarta
8. Dipimpin oleh : Ketua : Dr. Edi Purwanto, M. Pd.
Sekretaris : Dr. Uen Amiratun
9. Peserta yang hadir :
- | | | |
|-----------------|-------|-------|
| a. Konsultan | | orang |
| b. Nara sumber | 14 | orang |
| c. BPP | 2 | orang |
| d. Peserta lain | 1 | orang |
- Jumlah : 17 orang

SARAN-SARAN

- Agar bisa untuk bisa masuk jurnal
- Agar bisa berkolaborasi dg. orang kimia


	LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA		
	BERITA ACARA SEMINAR HASIL PENELITIAN		
	No. FRM/LPPM-PNL/314	Revisi : 00	Tgl 1 September 2014 Hal 2 dari 2

10. Hasil Seminar;

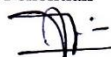
Setelah mempertimbangkan penyajian, penjelasan, argumentasi serta sistematika dan tata tulis, seminar berkesimpulan: hasil penelitian tersebut di atas:

- a. Diterima, tanpa revisi/pembenahan usulan/instrumen/hasil
- b. Diterima, dengan revisi/pembenahan**
- c. Dibenahi untuk diseminarkan ulang


Ketua Sidang






























 Prof. Dr. Edi Purwanta, m. Pd.
 NIP:

Mengetahui
Reviewer Internal
Penelitian

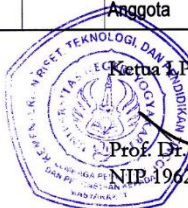

 Dr. Aniska, m. Si. DEA
 NIP:



Sekretaris Sidang


 Dr. Tien Aminatus
 NIP: 1972072199802 2001

NO.	NAMA	FAK	SKIM	TANDA TANGAN
107	Dr. Endang Mulyatiningsih, M.Pd.	FT	Penelitian Strategis Nasional	107 
108			Anggota	108 
109	Nurhening Yuniarti, S.Pd., M.T.	FT	Penelitian Disertasi Doktor	109 
110			Anggota	110 
111	Handaru Jati, ST., M.M., M.T., Ph.D.	FT	Penelitian Fundamental	111 
112			Anggota	112 
113	Dr. Ratna Wardani, M.T.	FT	Penelitian Fundamental	113 
114			Anggota	114 
115	Arianto Leman Soemowidagdo, M.T.	FT	Penelitian Fundamental	115 
116			Anggota	116 
117	Prof. Dr. Sudji Munadi, M.Pd.	FT	Penelitian Tim Pasca Sarjana	117 
118			Anggota	118 
119	Prof. Dr. Kartowagiran, M.Pd.	FT	Penelitian Tim Pasca Sarjana	119 
120			Anggota	120 
121	Dr. Mochamad Bruri Triyono, M.Pd.	FT	Penelitian Tim Pasca Sarjana	121 
122			Anggota	122 
123	Prihastuti Ekawatiningsih, S.Pd., M.Pd.	FT	Ipteks Bagi Masyarakat	123 
124			Anggota	124 
125	Arif Marwanto, M.Pd.	FT	Ipteks Bagi Masyarakat	125 
126			Anggota	126 
127	Arianto Leman Soemowidagdo, M.T.	FT	Ipteks Bagi Masyarakat	127 
128			Anggota	128 
129	Sutopo, S.Pd., M.T.	FT	Ipteks Bagi Produk Ekspor	129 
130			Anggota	130 
131	Prof. Dr. Sudji Munadi, M.Pd.	FT	Ipteks Bagi Produk Ekspor	131 
132			Anggota	132 
133	Paryanto, S.Pd., M.Pd.	FT	Ipteks Bagi Produk Ekspor	133 
134			Anggota	134 

NO.	NAMA	FAK	SKIM	TANDA TANGAN
135	Drs. Edy Purnomo, M.Pd.	FT	Ipteks Bagi Produk Ekspor	135
136			Anggota	136
137	Aan Ardian, S.Pd., M.Pd.	FT	Ipteks Bagi Produk Ekspor	137
138			Anggota	138
139	Drs. Darmono, M.T.	FT	Ipteks Bagi Produk Ekspor	139
140			Anggota	140
141	Nani Ratnaningsih, STP., MP.	FT	Penelitian Disertasi Doktor	141
142			Anggota	142

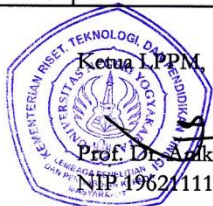

 Ketua PPM,
 Prof. Dr. Anik Ghufro
 NIP. 19621111 198803 1 001

	LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA DAFTAR HADIR SEMINAR HASIL PENELITIAN & PPM	
	<small>No. FRM/LPPM-PNL/308 Revisi : 00 Tgl. 1 September 2014 Hal dari 4</small>	
	<small>Certificate No. QSC 01299</small>	

Hari / Tgl.
Waktu
Tempat

: JUM'AT / 6 November 2015
: 13.00 WIB - selesai
: Gedung LPPM UNY Lt. 2

NO.	NAMA	JABATAN	TANDA TANGAN
1	Prof. Dr. Anik Ghufon, M.Pd.	Ka. LPPM	1
2	Dr. Widarto, M.Pd.	Sekr. LPPM	2
3	Dr. Suyanta, M.Si	Reviewer	3
4	Dr. Ariswan, M.Si. DEA	Reviewer	4
5	Dr. Edi Purwanta, M.Pd.	Reviewer	5
6	Prof. Pardjono, Ph.D	Reviewer	6
7	Dr. Hastuti, M.Si	Reviewer	7
8	Dr. Mujiyono, M.T	Reviewer	8
9	Prof. Dr. C. Asri Budiningsih	Reviewer	9
10	Prof. Dr. Tomoliyus, MS	Reviewer	10
11	Dr. Sari Rudiwati, M.Pd.	Reviewer	11
12	Dr. Widarto, M.Pd.	Reviewer	12
13	Dr. Enny Zubaidah, M.Pd	Notulis	13
14	Dr. Tien Aminatun, M.Si.	Notulis	14
15	Dr. Widiyanto, M.Kes.	Notulis	15
16	Dr. Giri Wiyono, MT.	Notulis	16
17	Dr. Kokom Komariah, M.Pd	Notulis	17



Prof. Dr. Anik Ghufon
NIP. 19621111 198803 1 001